

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 196 09 135 A 1

⑯ Int. Cl. 8:
B 21 B 38/02
G 01 L 5/10

⑯ Aktenzeichen: 196 09 135.7
⑯ Anmeldetag: 8. 3. 96
⑯ Offenlegungstag: 18. 9. 97

⑯ Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

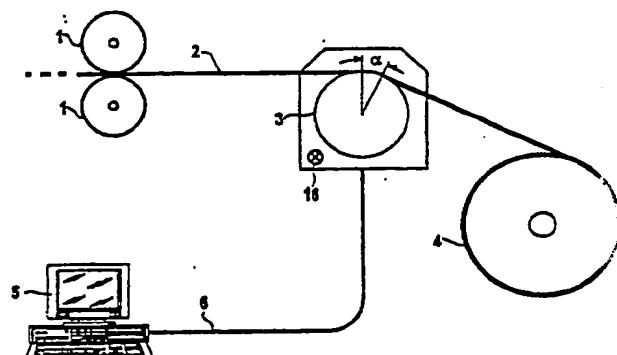
⑯ Erfinder:
Berghs, Andre, Dipl.-Ing., 91077 Neunkirchen, DE;
Simbeck, Robert, Dipl.-Ing., 90562 Kalchreuth, DE;
Yuan, Hoo, Dr., 91052 Erlangen, DE

⑯ Entgegenhaltungen:
DE 33 28 593 C2
DE 38 30 629 A1
NEUSCHÜTZ, E., MÜCKE, G., THIES, H.: Die neue
Generation des BFI-Planheitsmeß- systems. In: Stahl
und Eisen 114 (1994) Nr.3, S.39-42;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren und Einrichtung zur Bestimmung der Planheit bzw. der Zugspannung oder der Zugspannungsverteilung bzw. der Zugkraft eines Metallbandes in einer Walzstraße

⑯ Verfahren zur Bestimmung der Planheit bzw. der Zugspannung oder der Zugkraft eines Metallbandes (2) in einer Walzstraße, mittels einer Meßrolle (3) mit auf dem Umfang verteilten Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren (9), die in Umfangsrichtung z. T. gegeneinander versetzt angeordnet sind, wobei die Zugkraft (F_z) im Metallband (2) aus einer Beziehung $F_z = f(k, z(i))$ zwischen der Zugspannungsverteilung bzw. der Zugkraft (F_z), den Meßwerten $z(i)$ der Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren (9) und einem Proportionalitätsfaktor (k) ermittelt wird, und wobei die Bestimmung des Proportionalitätsfaktors (k) aus der Beziehung
$$F_{z,soll} = f(k, z(i))$$
 zwischen dem zeitlichen Mittelwert der Sollzugkraft ($F_{z,soll}$), dem Proportionalitätsfaktor (k) und Mittelwerten der Meßwerte ($z(i)$) der Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren (9) erfolgt.



DE 196 09 135 A 1

DE 196 09 135

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Planheit bzw. der Zugspannung oder der Zugspannungsverteilung bzw. der Zugkraft eines Metallbandes in einer Walzstraße, z. B. zwischen zwei Walzgerüsten oder beim Auf- und Abwickeln auf bzw. von einem Haspel, mittels einer Meßrolle.

Es ist bekannt, die Planheit bzw. die Zugspannung oder die Zugspannungsverteilung bzw. die Zugkraft eines Metallbandes in einer Walzstraße mittels einer Meßrolle, wie sie z. B. aus der DE 33 26 593 bekannt ist, zu bestimmen, auf deren Umfangsfläche Kraft- bzw. Kraftänderungssensoren angebracht sind. Die Meßrolle wird gegen das Metallband, dessen Planheit bzw. Zugspannungsverteilung über Bordbreite oder der Zugspannungsverteilung bzw. die Zugkraft ermittelt werden soll, gedrückt und von diesem mit einem Umschlingungswinkel α umschlungen. Die Kraft, die dabei auf die Meßrolle wirkt, erlaubt die Berechnung der Planheit bzw. der Zugspannung oder der Zugspannungsverteilung bzw. die Zugkraft im Metallband, und wird durch Kraftsensoren in der Oberfläche der Meßrolle ermittelt. Diese Sensoren sind üblicherweise auf virtuellen Linien in Meßrollenlängsrichtung angeordnet. Dabei läßt sich aus den Meßwerten der Kraftsensoren entlang der Meßrollenlängsrichtung die Spannungsverteilung über die Breite des Metallbandes ermitteln. Die Meßrolle wird durch Kraftschluß mit dem bewegten Metallband oder durch einen Antrieb in Drehung versetzt, so daß die Planheit bzw. die Zugspannung durch Kraftsensoren auf unterschiedlichen virtuellen Linien in Meßrollenlängsrichtung ermittelt wird. Dazu sind die Sensoren auf den einzelnen virtuellen Linien in Meßrollenlängsrichtung auch in Meßrollenumfangsrichtung ausgerichtet.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens anzugeben, mit dem die Planheit bzw. die Zugspannung über die Breite eines Metallbandes mit einer Meßrolle bestimmt werden kann, deren Sensoren in Meßrollenumfangsrichtung zum Teil nicht ausgerichtet sind.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Bestimmung der Planheit bzw. der Zugspannung oder der Zugspannungsverteilung bzw. die Zugkraft eines Metallbandes in einer Walzstraße mittels einer Meßrolle mit auf den Umfang verteilten Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren, die in Umfangsrichtung zum Teil gegeneinander versetzt angeordnet sind, gelöst, wobei die Zugspannungsverteilung bzw. die Zugkraft aus der Beziehung zwischen der Zugspannungsverteilung bzw. der Zugkraft, den Meßwerten der Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren und einem Proportionalitätsfaktor ermittelt werden, und wobei die Bestimmung des Proportionalitätsfaktors aus derselben Beziehung zwischen der Zugspannungsverteilung bzw. der Zugkraft, den Meßwerten der Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren und dem Proportionalitätsfaktor und durch Gleichsetzen der Mittelwerte über die Zeit von Soll- und Istwert der Zugspannungsverteilung bzw. der Zugkraft bzw. -spannung in dem Metallband bzw. einer äquivalenten Größe erfolgt.

Vorteile und erfindungsgemäße Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels, anhand der Zeichnungen und in Verbindung mit den Unteransprüchen. Im einzelnen zeigen:

Fig. 1 eine Meßrolle zwischen einem Walzgerüst und einem Haspel

Fig. 2 eine Meßrolle in abgewickelter Darstellung

Fig. 3 eine alternative Meßrolle in abgewickelter Darstellung

Fig. 4 einen Ausschnitt einer Meßrolle in abgewickelter Darstellung.

Fig. 1 zeigt eine Meßrolle 3 zwischen einem Walzgerüst 1 und einem Haspel 4. Mit der Meßrolle 3 wird die

Planheit bzw. die Zugspannung in einem Metallband 2 gemessen, das auf den Haspel 4 aufgewickelt wird. Dazu wird die Meßrolle 3 mit einer bestimmten Radialkraft gegen das Metallband 2 gedrückt, das die Meßrolle 3 mit dem Umschlingungswinkel α umschließt. Aus der Radialkraft kann die Zugspannungsverteilung bzw. die Zugkraft im Metallband 2 ermittelt werden. Um die Planheits- bzw. Zugspannungsverteilung über die Breite des Metallbandes 2 zu ermitteln, sind auf der Meßrolle 3 auf virtuellen Linien entlang der Meßrollenlängsrichtung Kraftsensoren angeordnet, mit denen die Radialkraft an verschiedenen Stellen über die Breite des Metallbandes 2 gemessen werden kann. Aus den über die Breite des Metallbandes 2 verteilten Radialkräften kann die Planheits- bzw. Zugspannungsverteilung über die Breite des Metallbandes 2 bestimmt werden. Da sich die Meßrolle bedingt durch den Kraftschluß zwischen ihr und dem Metallband 2 entsprechend der Bewegung des Metallbandes 2 mitbewegt, sind weitere Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren auf dem Umfang der Meßrolle 3 verteilt. Die Auswertung der Meßwerte, die von den Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren beliefert werden, erfolgt in einer Auswerteeinheit 5, in der beispielhaften Ausgestaltung einen PC, der mit den Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren über eine Datenleitung 6 verbunden ist. In der Lagerung der Meßrolle 3 ist zusätzlich zumindest ein Kraftsensor 16 angeordnet, der die Messung der Gesamtzugkraft des Metallbandes 2 oder einer äquivalenten Größe erlaubt. Die Meßwerte des Kraftsensors 16 werden ebenfalls über eine Datenleitung der Auswerteeinheit 15 geführt. Mit den Meßwerten des Kraftsensors 16 werden die Meßwerte der Kraft- bzw. Kraftänderungssensoren in der Meßrolle 3 kalibriert.

Fig. 2 zeigt eine Meßrolle 7 in abgewickelter Darstellung. Auf ihrer Oberfläche sind Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren 9 auf virtuellen Linien 8 in Meßrollenlängsrichtung angeordnet. Die virtuellen Linien sind, vorzugsweise in äquidistanten Winkelabschnitten 15, über den Umfang der Meßrolle 7 verteilt. Um Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren 9 einzusparen, sind diese nicht in Umfangsrichtung der Meßrolle ausgerichtet, sondern versetzt angeordnet. Da die Kraft- bzw. Kraftänderungssensoren aufgrund ihrer Verteilung auf unterschiedlichen virtuellen Linien in Meßrollenlängsrichtung zu unterschiedlichen Zeitpunkten Meßwerte liefern, können ihre Meßwerte im Zeitmultiplexverfahren über eine einzige Datenleitung übertragen werden. Eine derartige Meßrolle ermöglicht damit eine einkanalige Übertragung.

Fig. 3 zeigt eine alternative Meßrolle 7 in abgewickelter Darstellung. Auf ihrer Oberfläche sind ebenfalls Kraft- bzw. Kraftänderungssensoren 9 auf virtuellen Linien 8 in Meßrollenlängsrichtung angeordnet. Die virtuellen Linien sind, vorzugsweise in äquidistanten Winkelabschnitten 15, über den Umfang der Meßrolle 7 verteilt. Wie bei der Meßrolle aus Fig. 2 sind die Kraft- bzw. Kraftänderungssensoren 9 nicht in Umfangsrich-

tung der Meßrolle ausgerichtet, sondern versetzt angeordnet. Da je vier Kraft- bzw. Kraftänderungssensoren 9 gleichzeitig Meßwerte liefern, können ihre Meßwerte im Zeitmultiplexverfahren über vier Datenleitungen übertragen werden.

Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt einer Meßrolle 10 in abgewickelter Darstellung. Auf der Meßrolle 10 läuft ein Metallband 11, das einen Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensor 12 nicht vollständig überdeckt. Der Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensor 12 weist einen Anteil mit unbedeckter Oberfläche 13 (A_f) und einen Anteil mit bedeckter Oberfläche 14 (A_b) auf. Die Meßwerte von unvollständig bedeckten Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren 12 sind entsprechend dem Grad ihrer Überdeckung durch Multiplikation mit dem Korrekturfaktor

5

10

$A_f + A_b$

A_b

zu korrigieren.

15

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Planheit bzw. der Zugspannung oder der Zugkraft eines Metallbandes (2) in einer Walzstraße, mittels einer Meßrolle (3) mit auf dem Umfang verteilten Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren (9), die in Umfangsrichtung z. T. gegeneinander versetzt angeordnet sind, wobei die Zugkraft (F_z) im Metallband (2) aus einer Beziehung $F_z = f(k, z(i))$ zwischen der Zugspannungsverteilung bzw. der Zugkraft (F_z), den Meßwerten $z(i)$ der Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren (9) und einem Proportionalitätsfaktor (k) ermittelt wird, und wobei die Bestimmung des Proportionalitätsfaktors (k) aus der Beziehung $F_{z,soll} = f(k, z(i))$ zwischen dem zeitlichen Mittelwert der Sollzugkraft ($F_{z,soll}$), dem Proportionalitätsfaktor (25 k) und Mittelwerten der Meßwerte ($z(i)$) der Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren (9) erfolgt.

25

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestimmung der Zugkraft mit der Beziehung

30

$$F_z = \frac{1}{2 \cdot m \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \left(\sum_{j=1}^m k^{(a)} \cdot \frac{n}{|I(j)|} \cdot \sum_{i \in I(j)} z(i) \right)$$

35

erfolgt, wobei

F_z die Zugspannungsverteilung bzw. die Zugkraft,

m die Anzahl von sogenannten Meßwinkeln, d. h. virtuellen Linien (8) in Meßrollenlängsrichtung, auf dem Umfang der Meßrolle (7), auf denen Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren (9) liegen,

40

α der Umschlingungswinkel der Meßrolle (7) durch das Metallband (2),

j der Laufindex eines Meßwinkels,

k ein Proportionalitätsfaktor,

n die Gesamtzahl von Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren (9) auf einer Meßrolle (7),

45

$I(j)$ die Menge von Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren (9) entlang einer virtuellen Linie (8) in Meßrollenlängsrichtung,

$|I(j)|$ die Anzahl von Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren (9) auf einer virtuellen Linie in Meßrollen-

50

längsrichtung und

$z(i)$ der Meßwert eines Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensors (9) auf einer virtuellen Linie (8) in Meßrol-

55

lenlängsrichtung ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestimmung des Proportionalitätsfaktors (k) aus der Beziehung zwischen den Meßwerten der Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren (9) und dem Proportionalitätsfaktor (k) und durch Gleichsetzen der Mittelwerte über zumindest eine Umdrehung, vorzugsweise mehrere Umdrehungen, der Meßrolle (7) von Soll- und Istwert der Zugspannungsverteilung bzw. Zugkraft bzw. -spannung in dem Metallband bzw. in einer äquivalenten Größe erfolgt.

55

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Proportionalitätsfaktor k mit der Beziehung

60

$$\bar{F}_{z,soll} = \frac{1}{2 \cdot m \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \left(\sum_{j=1}^m k^{(a)} \cdot \frac{n}{|I(j)|} \sum_{i \in I(j)} z(i) \right)$$

65

bestimmt wird, wobei $\bar{F}_{z,soll}$ die mittlere Sollzugkraft in dem Metallband ist.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Proportionalitätsfaktor (k) aus der Beziehung zwischen der Sollzugkraft in dem Metallband (7) bzw. einer äquivalenten Größe, den Meßwerten

der Kraft- bzw. der Kraftänderungs-Sensoren (9) und dem Proportionalitätsfaktor (k) iterativ bestimmt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die iterative Bestimmung des Proportionalitätsfaktors (k) über die Beziehung

$$k_{\text{neu}}^{(\alpha)} = \frac{1}{s+1} \left(s \cdot k_{\text{alt}}^{(\alpha)} + \frac{F_z}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \sum_{i=1}^n z(i) \right)$$

erfolgt, wobei k_{neu} der neue Proportionalitätsfaktor, k_{alt} der alte Proportionalitätsfaktor und s ein parametrierbarer Wert entsprechend einer Iterationsschrittweite ist.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßwerte von Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren (9), die nicht vollständig vom Metallband (7) bedeckt sind, und eine freie Oberfläche A_f und eine vom Metallband (7) bedeckte Oberfläche A_b aufweisen mit einem Korrekturfaktor

$$\frac{A_f + A_b}{A_b}$$

multipliziert werden.

8. Verfahren nach einem oder mehreren Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine korrigierte Zugspannungsverteilung ($\tilde{Z}(i)$) aus dem Zusammenhang

$$\tilde{Z}(i) = Z(i) \cdot \frac{\Delta F_v(j) \cdot |I(j)|}{K(\alpha) \cdot n}$$

bestimmt wird, wobei $\Delta F_v(j)$ eine Kraftänderung ist, die mit einem oder mehreren Sensoren im Lager der Meßrolle (3) oder an äquivalenter Stelle angeordnet sind, gemessen wird.

9. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Bestimmung der Planheit bzw. der Zugspannung eines Metallbandes in einer Walzstraße nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Meßrolle (7) mit auf der Umfangsfläche verteilten Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren (9), die auf über den Umfang der Meßrolle verteilten virtuellen Linien (6) in Meßrollenlängsrichtung und in Umfangsrichtung zum Teil gegeneinander versetzt angeordnet sind sowie eine Auswerteeinheit (5) zur Verarbeitung der von den Kraft- bzw. Kraftänderungs-Sensoren (9) gelieferten Meßwerten aufweist.

10. Einrichtung zur Bestimmung der Planheit bzw. der Zugspannung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (5) als Einchiprechner, z. B. als Mikrokontroller oder als Mehrchiprechner, insbesondere als ein Einplatinenrechner oder als Automatisierungsgerät, ausgebildet ist.

11. Einrichtung zur Bestimmung der Planheit bzw. der Zugspannung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (8) als steuerprogrammierbare Steuerung, als VME-Bussystem oder als Industrie-PC, ausgebildet ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

- Leerseite -

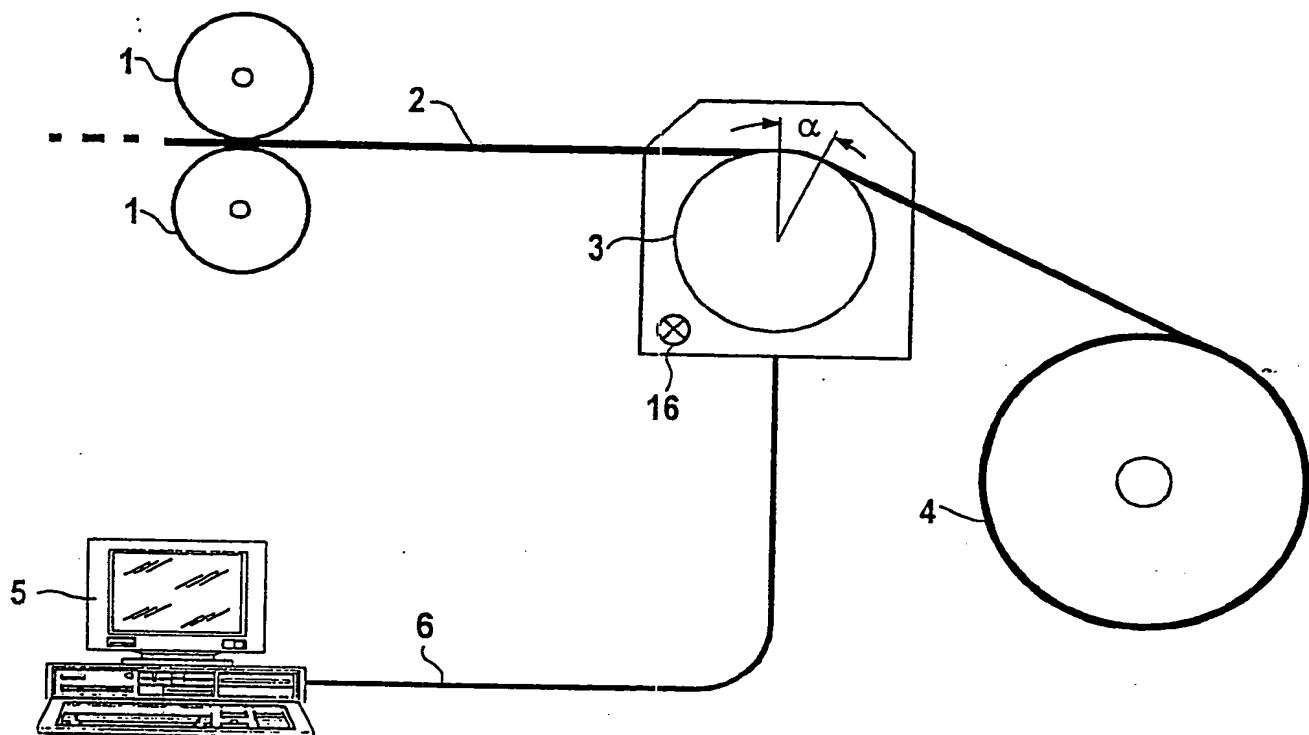
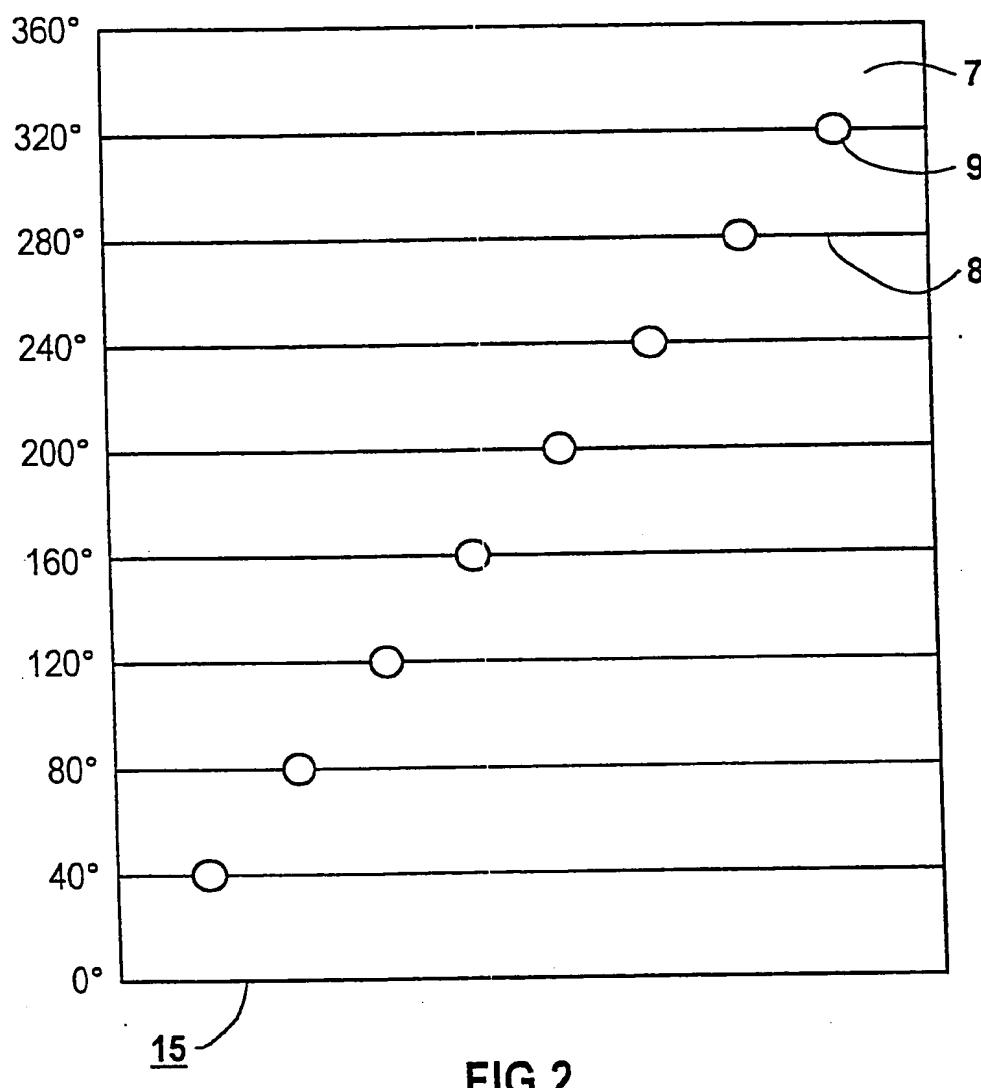


FIG 1



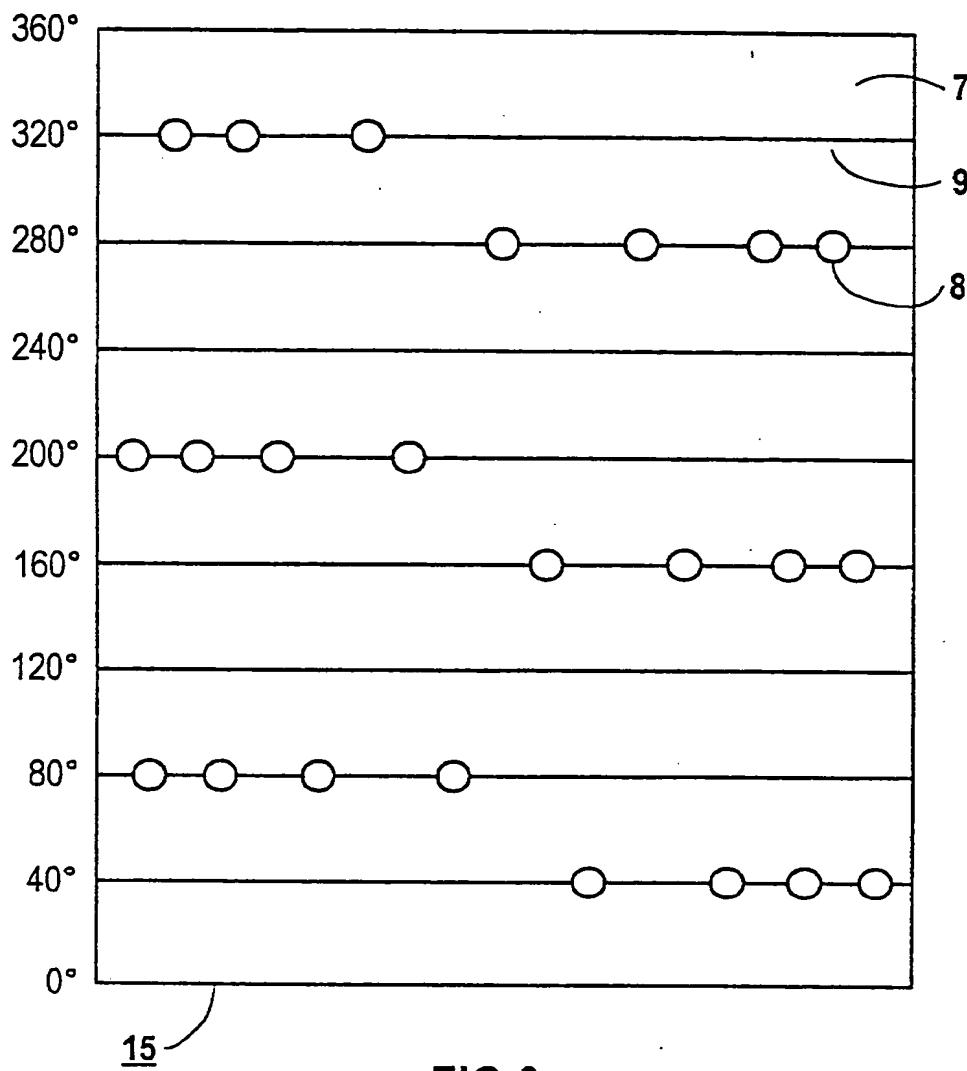


FIG 3

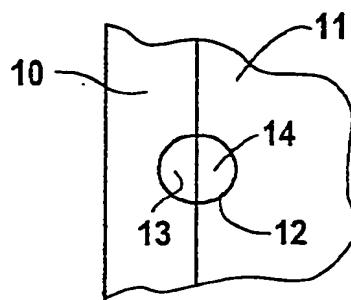


FIG 4